

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-225060

(P2001-225060A)

(43) 公開日 平成13年8月21日 (2001.8.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード [*] (参考)
C 0 2 F	1/24	C 0 2 F	C 4 D 0 3 7
	1/36		

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-375132
(22) 出願日 平成11年12月28日 (1999. 12. 28)
(31) 優先権主張番号 特願平11-349113
(32) 優先日 平成11年12月8日 (1999. 12. 8)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006208
三菱重工業株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号
(72) 発明者 豊田 一郎
横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重
工業株式会社基盤技術研究所内
(72) 発明者 後藤 信朗
横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重
工業株式会社基盤技術研究所内
(74) 代理人 100083024
弁理士 高橋 昌久 (外1名)

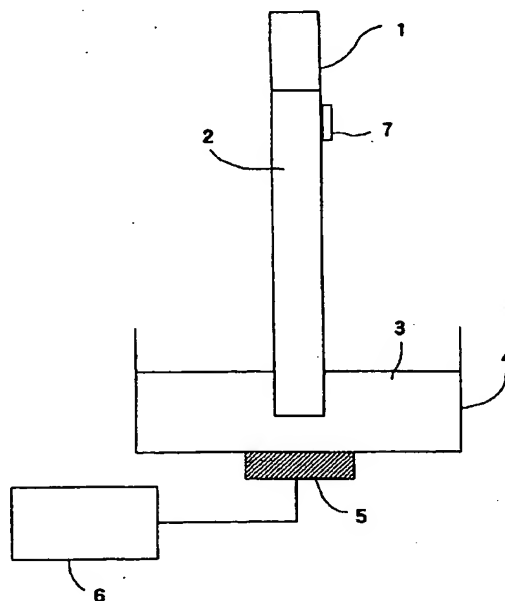
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水処理方法とその装置

(57) 【要約】

【課題】 後工程における生物的处理手段の負荷低減と、又環境上問題となる凝集剤をほとんど用いずに、分子間力によって拘束水が結合している溶質物質を容易に凝集分離できる水処理方法とその装置を提供すること。

【解決手段】 水溶性溶解物に分子間力によって結合している拘束水を破壊若しくは分離するとともに、該拘束水の再拘束を阻害する手段を、前記水溶液中に付与しながら排水処理を行うとともに、前記拘束水の再拘束を阻害する手段が、直径10 μ m以下の微細気泡群であり、又前記拘束水を破壊若しくは分離する手段が、10MHzから1GHzの高周波、複数の周波数域にピーク値を有する超音波若しくは0.1モル/リットル以上の塩化物イオン、直径10 μ m以下の微細気泡群若しくはこれらの組み合わせである事の特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 分子間力によって拘束水と結合している溶質を含んだ水溶液中より、前記溶質を分離する水処理方法において、

前記溶質に結合している拘束水を破壊若しくは分離するとともに、該溶質に拘束水の再拘束を阻害する手段を付与しながら該溶質を水溶液中より凝集分離することを特徴とする水処理方法。

【請求項 2】 窒素、燐若しくは有機系水溶性溶解物を、水溶液中より凝集分離する水処理方法において、水溶性溶解物に分子間力によって結合している拘束水を破壊若しくは分離するとともに、該拘束水の再拘束を阻害する手段を、前記水溶液中に付与しながら該溶解物を水溶液中より凝集分離することを特徴とする水処理方法。

【請求項 3】 水溶液からの溶解物質の濃縮を行う水処理方法において、水溶性溶解物に分子間力によって結合している拘束水を破壊若しくは分離するとともに、該拘束水の再拘束を阻害する手段を、前記水溶液中に付与しながら該溶解物の濃縮を行うことを特徴とする水処理方法。

【請求項 4】 前記拘束水の再拘束を阻害する手段が、直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細気泡群であることを特徴とする請求項 1、2、3 記載の水処理方法。

【請求項 5】 前記拘束水を破壊若しくは分離する手段が、 10MHz から 1GHz の高周波、複数の周波数域にピーク値を有する超音波若しくは 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオン、直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細気泡群若しくはこれらの組み合わせである事を特徴とする請求項 1、2、3 記載の水処理方法。

【請求項 6】 直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段として、超音波印加により生じるキャビテーションにより微細な気泡を発生させることを特徴とする請求項 4 記載の水処理方法。

【請求項 7】 直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段として、 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を、前記水溶液の水処理部内に供給しつつ、該塩化物イオンを含んだ水溶液中に濾過板を介して空気を吹き込み前記水処理部内に気泡群を形成することを特徴とする請求項 4 記載の水処理方法。

【請求項 8】 直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段として、前記水溶液の水処理部内に電極板を設け、 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を前記電極板間に供給しながら、前記電極板に電圧を印加させて電気分解を起こして気泡群を形成することを特徴とする請求項 4 記載の水処理方法。

【請求項 9】 直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段として、 0.1 モル/リットル

以上の塩化物イオンを含んだ水溶液に空気を加圧溶解させた加圧水を、前記水溶液の水処理部内に供給し、加圧浮上法にて気泡群を形成することを特徴とする請求項 4 記載の水処理方法。

【請求項 10】 前記水溶液の水処理部の後段に脱塩処理部を設け、該脱塩処理部にて塩化物イオンが濃縮排出された水溶液を塩化物イオンを含んだ水溶液として用いることを特徴とする請求項 7、8、9 記載の水処理方法。

【請求項 11】 前記水溶液中に、直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡を含んだ気泡群とともに、 10MHz から 1GHz の高周波を印加することで、気泡群と水溶液中の溶質物質との吸着作用を向上させる事を特徴とする請求項 1、2、3 記載の水処理方法。

【請求項 12】 分子間力によって拘束水と結合している窒素、燐若しくは有機系水溶性溶解物等の溶質を含んだ水溶液中より、前記溶質を分離若しくは濃縮を行う水処理装置において、

前記水溶液が貯留されている貯留槽内で、前記溶質に結合している拘束水を破壊若しくは分離するとともに、該貯留槽内に前記溶質に拘束水の再拘束を阻害する手段を付与しながら該溶質を水溶液中より凝集分離若しくは該溶質を含む溶解物の濃縮を行うことを特徴とする水処理装置。

【請求項 13】 前記拘束水の再拘束を阻害する手段が、直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細気泡群であることを特徴とする請求項 12 記載の水処理装置。

【請求項 14】 前記拘束水を破壊若しくは分離する手段が、 10MHz から 1GHz の高周波、複数の周波数域にピーク値を有する超音波若しくは 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオン、直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細気泡群若しくはこれらの組み合わせである事を特徴とする請求項 12 記載の水処理装置。

【請求項 15】 直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段が、超音波印加により生じるキャビテーションにより微細な気泡を発生させる手段、 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を、前記水溶液の水処理部内に供給しつつ、該塩化物イオンを含んだ水溶液中に濾過板を介して空気を吹き込み前記水処理部内に気泡群を形成する手段、前記水溶液の水処理部内に電極板を設け、 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を前記電極板間に供給しながら、前記電極板に電圧を印加させて電気分解を起こして気泡群を形成する手段、 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液に空気を加圧溶解させた加圧水を、前記水溶液の水処理部内に供給し、加圧浮上法にて気泡群を形成する手段のいずれか 1 若しくは複数の組み合わせである請求項 13、若しくは 14 記載の水処理装置。

【請求項 16】 直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡を含ん

10

20

30

40

50

だ気泡群を発生させる手段が、0.1モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を前記貯留槽の下部に供給し、該塩化物イオン水溶液貯留部に気泡発生用の物理的手段を付与して行われるとともに、前記貯留槽の後段に脱塩処理槽を設け、該脱塩処理槽にて塩化物イオンが濃縮排出された水溶液を前記貯留槽の下部に再供給することを特徴とする請求項13若しくは14記載の水処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固形物、微生物、有機化合物のみならず水溶液中に溶解している有機系、燐系、窒素系等の溶質物質も含めて積極的に除去若しくは濃縮し得る水処理方法とその装置に係わり、特に、下水道処理設備、尿処理設備、畜産排水処理設備、水産加工排水処理設備、食品加工排水処理設備、洗浄排水処理設備、工場排水処理設備、湖水浄化設備等に適用でき、排水中に含まれている前記溶解物質を積極的に除去して水浄化を行う処理方法、又、水溶液からの溶解物質の濃縮精製プロセスに適用される水処理方法とその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、下水排水処理法としては、加圧浮上分離方法や微生物による活性汚泥処理法が主流を占めている。図13はかかる従来の加圧浮上分離装置を示し、図中101は加圧浮上法による排水処理槽を示す。加圧浮上法は、排水処理槽101からの抜き出し水の一部をポンプ104にて加圧タンク103に供給し、加圧タンク103内にてコンプレッサ202で空気を加圧溶解させて加圧水を生成し、その加圧水を排水処理槽101下部から供給する。この時、加圧水の圧力が排水処理槽101内で開放されることにより、加圧水内に溶解していた空気が微細気泡として生成する。この気泡が排水中に存在している浮遊懸濁物質と吸着し、気泡の浮力で排水処理槽101上部に気泡と共に浮遊懸濁物質が浮上してくることを利用して排水を浄化する方法である。なお、浮上してきた懸濁物質は汚泥処理工程に回される。

【0003】しかしながら、加圧浮上分離方法では、現状10 μ mより大きな気泡しか形成出来ておらずこのためいわゆる固液分離は可能であるが、水中に溶解している溶質の分離は出来なかった。即ち、加圧下で空気を水に溶解させてから大気開放すると、微細な気泡が発生するが、その気泡は10 μ mより大きな気泡である故に液体と固体の不連続界面に発生しやすい性質がある。即ち、水中の懸濁物質と気泡の付着力は、その物質と水及び空気との接触界面に作用する界面張力によって異なり、一般には親水性の界面より疎水性の界面の方が空気との接着力が大きい。このため前記加圧浮上分離方法では、水に溶解している親水性の物質、言い換えれば分子

間力によって拘束水が結合している溶質物質は除去できず、水中に単に混合している状態の懸濁浮遊物質しか除去できていない。

【0004】従って、従来技術によれば、前記加圧浮上分離法等で除去出来なかった微粒子、有機化合物、溶質物質等の処理に対しては、図13に記載しているように、排水処理槽101の後工程に活性汚泥処理槽102を設け、微生物による活性汚泥処理を用いている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前記したように現状の加圧浮上法では大き目の懸濁物質しか除去できず、排出基準の指定項目であるBOD（生物化学的酸素消費量）、COD（化学的酸素消費量）、SS（浮遊懸濁物質）等の原因である微粒子、有機化合物、溶質物質等を低減させることができない。そのため、予め凝集剤を添加し大き目の懸濁物質まで固形物化してから加圧浮上法が用いられる場合もあるが、環境保全の観点から凝集剤は出来るだけ使用しないのが望ましく、管理も煩わしい。

【0006】このため現在では加圧浮上分離法と活性汚泥法を組み合わせているが、活性汚泥法は微生物を利用しているため処理能力が遅く、装置も大型化せざるを得ないこと、また、微生物が対象であるために維持管理にも手間が掛かる等の課題がある。さらに、処理後に排出される残余活性汚泥の処分に対しても、最終処分場不足等で社会問題化してきており、出来るだけ余剰活性汚泥が出ない処理方法の開発が望まれている。

【0007】本発明はかかる技術的課題に鑑み、後工程における生物的处理手段の負荷低減と、又環境上問題となる凝集剤をほとんど用いずに、分子間力によって拘束水が結合している溶質物質を容易に凝集分離できる水処理方法とその装置を提供することを目的とする。又本発明は、固形物、微生物、有機化合物のみならず水溶液中に溶解している有機系、燐系、窒素系等の溶質物質も含めて積極的に除去し得る水処理方法とその装置を提供することにあり、特に、下水道処理設備、尿処理設備、畜産排水処理設備、水産加工排水処理設備、食品加工排水処理設備、洗浄排水処理設備、工場排水処理設備、湖水浄化設備等に適用でき、又水溶液からの溶解物質の濃縮精製プロセスに適用される水処理方法とその装置を提供する事にある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に至った経過を順を追って説明する。例えば廃水処理方法において、排水中に存在し除去対象となっている微細な固形物、微生物、及び有機、リン酸系、溶質物質等の物質は、水より誘電率が小さいこと。及び、水より小さな誘電率物質同士には水溶液中で引力が作用することから、誘電率が小さい気泡を排水中に形成すれば、排水中に存在する固形物等は気泡に吸着するため、この気泡を凝集除去すれば

10

20

30

40

50

固形物分離が出来ることは加圧浮上分離法も同様である。

【0009】次に、水より小さな誘電率の物が気泡に吸着する機構について説明すると、水溶液中に溶解している物質を粒子1とし、気泡を粒子2とする。 ϵ_r を水溶液の比誘電率、 ϵ_{r1} を粒子1の比誘電率、 ϵ_{r2} を粒子2の比誘電率、 a_1 を粒子1の半径、 a_2 を粒子2の半径、 r を粒子1と2の間の距離、 k をボルツマン定数、 T を水溶液の温度とすれば、粒子1と粒子2の間の分極相互作用エネルギー $W(r)$ は数式1で書けることが公知の事実として分かっている（参考文献：分子間力と表面力（第二版）、イスラエルアチヴィリ著、朝倉書店、1986年）。

【数1】

$$w(r) = -\frac{3\kappa T}{r^6} \left(\frac{\epsilon_{r1} - \epsilon_r}{\epsilon_{r1} + 2\epsilon_r} \right) a_1^3 \left(\frac{\epsilon_{r2} - \epsilon_r}{\epsilon_{r2} + 2\epsilon_r} \right) a_2^3$$

【0010】水の比誘電率 ϵ_r は78.3（25℃）、粒子2の気泡の比誘電率 ϵ_{r2} は1程度である。一方、廃水処理の対象とする有機化合物の比誘電率は ϵ_{r1} は10若しくはそれ以下（日本化学会編：化学便覧基礎編II、p506より引用）である。そのため、有機化合物等の物質では数式1より分極相互作用エネルギー W

（ r ）の符号はマイナスとなり、有機化合物と気泡との間には引力が働くことがわかる。一方、有機化合物のみならず、アンモニア等の窒素化合物や燐系化合物は一般に水和状態で、水溶液中に溶解している場合が多く、これらの溶質物質の周りには、拘束水と呼ばれる水分子が分子間力で結合している状態である。

【0011】従って気泡を排水中にバブリングしただけでは、拘束水が結合している溶質や有機物の凝集分離が出来ない。即ち拘束水は、自由水と異なり溶質物質により動きが拘束されているために、前記溶質に結合している先ず拘束水を破壊若しくは分離しなければ凝集できず、そして更に前記溶質に結合している拘束水が破壊若しくは分離された後においては、該溶質に拘束水の再拘束を阻害する手段を付与しなければ該溶質を水溶液中より凝集分離するのは困難である。

【0012】そこで本発明は、前記拘束水の再拘束を阻害する手段が、直径10 μ m以下の微細気泡群であることを見出し、更に、前記拘束水を破壊若しくは分離する手段として、10MHzから1GHzの高周波、複数の周波数域にピーク値を有する超音波若しくは0.1モル／リットル以上の塩化物イオン、直径10 μ m以下の微細気泡群若しくはこれらの組み合わせである事を見出した。

【0013】請求項1記載の発明は、かかる点に着目したものであり、分子間力によって拘束水と結合している溶質を含んだ水溶液中より、前記溶質を分離する水処理方法において、前記溶質に結合している拘束水を破壊若

しくは分離するとともに、該溶質に拘束水の再拘束を阻害する手段を付与しながら該溶質を水溶液中より凝集分離することを特徴とする水処理方法を提案する。

【0014】請求項2記載の発明は、特に窒素、燐若しくは有機系水溶性溶解物を、水溶液中より凝集分離する廃水処理方法に適用されるもので、水溶性溶解物に分子間力によって結合している拘束水を破壊若しくは分離するとともに、該拘束水の再拘束を阻害する手段を、前記水溶液中に付与しながら該溶解物を水溶液中より凝集分離することを特徴とする。

【0015】そしてかかる発明は溶質の濃縮方法にも適用される。即ち、請求項3記載の発明は、水溶液からの溶解物質の濃縮を行う水処理方法において、水溶性溶解物に分子間力によって結合している拘束水を破壊若しくは分離するとともに、該拘束水の再拘束を阻害する手段を、前記水溶液中に付与しながら該溶解物の濃縮を行うことを特徴とする。

【0016】本発明を具体的に説明する。前記1）式で示すように、排水中の、気泡の半径 a_2 が小さいほど、引力が増大することもわかる。気泡径が100 μ mの気泡と、10 μ mの気泡、及び1 μ mの気泡の場合を比較すると、100 μ mの気泡の場合に比べ、10 μ mの気泡では千倍も強い吸着力を持ち、1 μ mの気泡の場合には百万倍も強い吸着力となる。このことから、水溶液中に前記拘束水を破壊し且つ拘束水の再拘束を阻害するような微細な気泡を形成すれば、有機化合物のような水より小さな比誘電率を持つ物質は気泡のまわりに引き付けられ吸着した状態で凝集させることが可能となる。従って、10 μ m以下の微細な気泡を水溶液中に形成できれば、その気泡に有機化合物等を吸着させながら凝集させることは原理的に可能である。本発明では、この点に着目し、10 μ m以下の微細な気泡群を、溶解物質と吸着させて、この気泡群と共に吸着した溶解物質を凝集分離させれば、従来の加圧浮上法では除去できず、後工程の活性汚泥処理法にて処理を行っていた微細な固形物、微生物、有機化合物、溶質物質の除去も可能になることを知見したものである。

【0017】すなわち本発明は、微細な気泡を排水中に形成すれば、排水中に存在する従来の加圧浮上法で取りきれなかった微生物のみならず、有機化合物、窒素、リン酸系等の溶質物質を拘束水に抗して吸着させ、凝集除去することが出来る。

【0018】直径10 μ m以下の微細な気泡を含んだ気泡群とともに、10MHzから1GHzの高周波、複数の周波数域にピーク値を有する超音波若しくは0.1モル／リットル以上の塩化物イオン若しくはこれらを組み合わせると効果的である。

【0019】この理由は、10 μ m以下の微細な気泡は、排水中の微細な固形物、微生物、有機化合物、溶質物質と吸着するが、気泡サイズが小さいために浮力が小

さく浮上してくるのに時間を要するが、超音波による疎密波や高周波を利用し音圧により気泡を移動させることにより、気泡に吸着した溶解物質の濃縮分離を効率よく行なうことが出来る。そしてこの場合、前記高周波は、10MHzから1GHzの周波数域の高周波が好ましく、又超音波は例えば定在波と進行波を組み合わせ、複数の周波数域にピーク値を有する超音波が好ましい。又このような物理的手段を用いなくても0.1モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ状態で微細気泡を発生するようにしてもよい。

【0020】請求項6記載の発明は、直径10μm以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段として、超音波印加による生じるキャビテーションにより微細な気泡を発生させることを特徴とする。すなわち、非常に微細な気泡がキャビテーションによって形成され、その気泡が超音波の音圧によって集められて凝集される。

【0021】又0.1モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ状態で微細気泡を発生する手段として、請求項7～9記載の発明を提案する。即ち、請求項7記載の発明は、直径10μm以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段として、0.1モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を、前記水溶液の水処理部に供給しつつ、該塩化物イオンを含んだ水溶液中に濾過板を介して空気を吹き込み前記水処理部に気泡群を形成することを特徴とする。

【0022】請求項8記載の発明は、直径10μm以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段として、前記水溶液の水処理部に電極板を設け、0.1モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を前記電極板間に供給しながら、前記電極板に電圧を印加させて電気分解を起こして気泡群を形成することを特徴とする。

【0023】更に請求項9記載の発明は、直径10μm以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段として、0.1モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液に空気を加圧溶解させた加圧水を、前記水溶液の水処理部に供給し、加圧浮上法にて気泡群を形成することを特徴とする。

【0024】前記夫々の発明は、0.1モル/リットル以上の塩化物イオンが共存する水溶液中では、微細な気泡が形成され易いことを利用して直径10μm以下の気泡が多く含まれる微細気泡群を発生させ得ることを実験にて確かめたものである。

【0025】そしてこのような塩化物イオンを用いた場合は、請求項10に記載のように、前記水溶液の水処理部の後段に脱塩処理部を設け、該脱塩処理部にて塩化物イオンが濃縮排出された水溶液を塩化物イオンを含んだ水溶液として用いるのがよい。

【0026】かかる発明によれば、塩化物イオンを含んだ水溶液として再利用することで、塩化物イオンを系内に循環させて繰り返し使用する事が出来る。尚脱塩装置

としては逆浸透膜法や電気透析法等により塩濃度を凝集できるものを使用すればよい。又脱塩装置後の浄化水は、放流または浄化水として再利用される。

【0027】請求項11記載の発明は、前記水溶液中に、直径10μm以下の微細な気泡を含んだ気泡群とともに、10MHzから1GHzの高周波を印加することで、気泡群と水溶液中の溶質物質との吸着作用を向上させる事の特徴とする。

【0028】かかる発明は、水処理部に10MHzから1GHzの高周波を印加することにより、水溶液中での溶解物のまわりに存在している水和の水分子(拘束水)を壊し、水和で緩和されている溶解物に電気双極子を露出させることで気泡との吸着力をより大きくし、分離効率を高めるものである。

【0029】請求項12～16記載の発明は前記発明を好適に実施するための装置に関する発明で、請求項12記載の発明において、分子間力によって拘束水と結合している窒素、燐若しくは有機系水溶性溶解物等の溶質を含んだ水溶液中より、前記溶質を分離若しくは濃縮を行う水処理装置において、前記水溶液が貯留されている貯留槽内で、前記溶質に結合している拘束水を破壊若しくは分離するとともに、該貯留槽内に前記溶質に拘束水の再拘束を阻害する手段を付与しながら該溶質を水溶液中より凝集分離若しくは該溶質を含む溶解物の濃縮を行うことを特徴とする。

【0030】この場合、前記拘束水の再拘束を阻害する手段が、直径10μm以下の微細気泡群であるのがよいことも、又前記拘束水を破壊若しくは分離する手段が、10MHzから1GHzの高周波、複数の周波数域にピーク値を有する超音波若しくは0.1モル/リットル以上の塩化物イオン、直径10μm以下の微細気泡群若しくはこれらの組み合わせであるのが良いことも既述済みである。

【0031】そして更に、直径10μm以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段が、超音波印加による生じるキャビテーションにより微細な気泡を発生させる手段、0.1モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を、前記水溶液の水処理部に供給しつつ、該塩化物イオンを含んだ水溶液中に濾過板を介して空気を吹き込み前記水処理部に気泡群を形成する手段、前記水溶液の水処理部に電極板を設け、0.1モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を前記電極板間に供給しながら、前記電極板に電圧を印加させて電気分解を起こして気泡群を形成する手段、0.1モル/リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液に空気を加圧溶解させた加圧水を、前記水溶液の水処理部に供給し、加圧浮上法にて気泡群を形成する手段のいずれか1若しくは複数の組み合わせであることも既述されており、更に請求項16に記載のように、直径10μm以下の微細な気泡を含んだ気泡群を発生させる手段が、0.

1 モル／リットル以上の塩化物イオンを含んだ水溶液を前記貯留槽の下部に供給し、該塩化物イオン水溶液貯留部に気泡発生用の物理的手段を付与して行われるとともに、前記貯留槽の後段に脱塩処理槽を設け、該脱塩処理槽にて塩化物イオンが濃縮排出された水溶液を前記貯留槽の下部に再供給することを特徴とする事も既述済みである。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図に示した実施例を用いて詳細に説明する。但し、この実施例に記載される構成部品の寸法、形状、その相対配置などは特に特定の記載がない限り、この発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく単なる説明例に過ぎない。

【0033】上記本発明を実証するために行なった実験について図1乃至図3に基づいて説明する。図1は、超音波によるキャビテーションを利用して微細な気泡を形成し、さらに、定在波を形成させることにより超音波による音圧にて、気泡と共に溶解物質を凝集できることを実証した実験装置の概要図である。図中1は実験対象水溶液2が注入されている円筒状のガラス管で、ガラス管1の上端は開放されており、下端は実験対象水溶液2がこぼれないようガラス、または、ゴム膜等で封じて閉塞されている。4はシャーレ状の容器で超音波伝達用としての水3が満たされており、該水3に前記ガラス管底部が浸付けされている。5は超音波振動子で、前記容器の底部に接触配置されている。6は超音波発振電源、7は前記ガラス管1上部側面に設けた超音波センサーである。

【0034】かかる装置により次のような実験を行った。超音波振動子5を底部に装着した容器4内に、超音波伝達用としての水3を入れ、その中に、実験対象水溶液2を入れたガラス管1を設置する。実験で使したガラス管1の内径は20mmφであり、超音波発振電源6から超音波振動子5に、周波数38kHzの正弦波を60Wの出力で供給した。実験対象水溶液2として、有機化合物の一つである10重量%の砂糖水を入れ超音波を印加した。印加と同時に水溶液中には屈折率の異なる部分が発生し濃度の違いが屈折率の違いとして目視できた。分離した部分は比較的安定しており超音波を止めても形状を維持していた。

【0035】実験結果の一例を図2に示す。図2には、超音波印加によってガラス管1内に形成された定在波の節部(水溶液高さ略4/5の位置と略2/5の位置)に砂糖分子が濃縮されていることが分かる。定在波の節に相当する部分と腹に相当する部分から溶液を採取し、有機炭素計(島津製作所製TOC-500)を用いて溶液中に含まれる炭素量を測定したところ、節部分が腹部分に比較して3割程度、炭素量が増加していた。この結果は、溶液中の砂糖が節部分に濃縮したことを意味する。なお、超音波を停止した直後に、節部分から非常に微細

な気泡が上昇していくのが観測された。脱気した水溶液ではこのような凝集分離現象が観測できないことから、非常に微細な気泡がキャビテーションによって形成され、その気泡が超音波の音圧によって集められて凝集されたことが分かる。

【0036】図3に図1のガラス管1の側部に設けた超音波センサにて計測した超音波周波数のスペクトル図を示す。発振周波数は38kHzであるが、発振周波数38kHz以外にも強度が小さい高調波である57kHz、76kHz、95kHzのピーク波形信号が現れていることが分かる。これらは38kHzの定在波と該定在波の反射共鳴に起因して生成される進行波の組み合わせにより、57kHz、76kHz、95kHzのピーク波形信号が現れるものと推定される。また、既知の実験で38kHzだけのスペクトルでは分離現象が起こりにくいことを確認している。

【0037】以上の実験事実から、定在波を形成する周波数より高い周波数成分でキャビテーションを起こし直径10μm以下の気泡が多く含まれる微細気泡群を発生させると、その気泡は、水溶液に溶解している有機化合物、この実験では砂糖分子と吸着するため、その塊を定在波を形成する音圧、この実験では38kHzの超音波で節部に凝集させることにより、水溶液に溶解した溶質物質であっても凝集分離可能であることが知見された。なお、本実験例では、砂糖水を用いたがエタノール等のアルコール水、食塩水でも同様な凝集分離作用があることを確認している。また、定在波を形成する周波数として、100kHzでも同様な現象が起こることを確認しており、周波数帯に対しては制限が無いため、通常超音波として利用される20kHz～500kHzの範囲を利用することが望ましい。

【0038】図4は、上記原理を適用した超音波による排水処理装置の概略図を示したものである。図中11は排水処理槽、12は該処理槽11底部に設けた凝集部抜き取り口で定在波の節部と対応する位置に凝集部抜き取り口12を設けるのがよい。13は処理槽11側壁下部に設けた排水口、5は処理槽11側壁両側に設けた一対の超音波振動子、6は超音波発振電源である。超音波発振電源にて、図3に示したような複数の振動数を持った高周波を発生、増幅させて超音波振動子5に印加する。尚、超音波振動子5は、図示したように対面に向き合わせた状態で配置してもよく、又1個でもよいが、処理槽11内に定在波だけではなく、うなりによって生成される波の進行性分もあわせて混在されるのが良い。

【0039】かかる構成において、超音波振動子5を側面に装着した排水処理槽11に処理すべき原水を供給して満水にした状態で、超音波発振電源6により超音波振動子5を振動させ、排水処理槽11内に超音波に基づくキャビテーションによる微細な気泡と定在波、及びうなりによって生成される進行性分を形成させる。これによ

り、定在波節部に凝集した溶解物質を凝集部抜き取り口 12 から抜き取り、污泥処理工程に給送する。

【0040】一方、前記溶解物質が除去された水溶液は排水口 13 から装置外に排出して後段側の浄化装置で排水浄化を行なう。なお、本装置を多段にすることにより、原水の浄化性能を上げることができ、後段側の負担軽減につながる。

【0041】図 5 は、超音波印加でキャビテーションにより気泡を作成し、溶液を濃縮し溶解物を分離する装置図を示す。(a) は超音波振動子 5 を処理塔 23 底部に取り付けた場合、(b) は超音波振動子 5 を処理塔 23 側面両側に取り付けた場合の概略図を示したものである。図中 24 はタンク、22 は反射板で、超音波振動子 5 を処理塔 23 底部に取り付けた (a) の場合は、塔上部に下向きで超音波振動子 5 と対抗配置し、又超音波振動子 5 を処理塔 23 側面両側に取り付けた (b) の場合は、塔中央部に垂直方向に上下に配置し、超音波振動子 5 と対抗配置している。

【0042】かかる構成において、タンクに供給された処理液の一部を処理塔 23 に導いた後、該処理塔 23 内の底部若しくは側面一側に、超音波振動子 5 を設置し、超音波発振電源 6 を用いて振動させ、超音波 21 を印加する。水溶液中に超音波が印加されたことにより、水溶液中にキャビテーションにより微細な気泡が生成するとともに、対抗配置した反射板により超音波が繰り返し反射され、超音波振動子 5 と反射板 22 の間でさらに圧力の疎密部分が増幅され、気泡が生成しやすくなる。なお、反射板 22 はキャビテーションが発生するような状況下が作り出されれば必ずしも必須要件ではない。

【0043】そしてキャビテーション等により生成された気泡は溶解物を吸着させ浮上してくるため、オーバフロー型の貯留部で、処理塔 23 の上部で浮上した気泡と溶質物質を集め污泥処理工程に回し、一方浄化された処理液は処理塔 23 下部の排出口 25 から排水として抜き取ることににより排水浄化が行なえる。

【0044】また、本発明人等はイオン濃度が高い水溶液、特に塩化物イオン濃度が高い場合には水溶液中に微細な気泡が形成されることに着眼した。淡水に比べ海水の方が微細な気泡が形成されることは公知の事実である。実際に、空気をバブリングしながら塩濃度を濃くしていくと微細な気泡が形成され水溶液が白濁してくることが分かる。10 μm 以下の気泡形成は、目視で確認出来ないため図 6 (A)、(B) に示す実験手順で行なった。

【0045】実験は先ず、図 6 (A) に示すように、容器 31 内に塩化物イオン濃度を調整した蒸留水 32 を入れ、ボールフィルタ 33 にて空気ポンプ 34 より空気をバブリングし、その後、図 6 (B) に示すように、液面上部に窒素ガス 36 をフローしながら水溶液の溶存酸素濃度を計測し、脱酸素過程を観測した。もし、非常に微細な気泡が空気バブリングにより形成され溶解してい

ば、溶存酸素濃度の減少に伴い、水溶液中に滞留している微細な気泡から酸素の再溶解が起こるため脱酸素速度が遅くなるはずである。

【0046】より具体的に説明するに、図 6 (A) に示すように、塩としては NaCl を用い予め塩濃度を調整した蒸留水：250 cc を攪拌子 35 にて攪拌しながら、キノシタボールフィルタ G4 (木下理化学工業 (株) 製) 33 を介して空気ポンプ 34 より空気を 300 CC/min でバブリングする。その後、バブリングを停止し、(B) に示すように、窒素ガス 36 を 300 CC/min で液面に供給し、溶存酸素濃度の時間的な減少傾向を計測する。

【0047】NaCl 濃度 0~1.0 mol/l の水溶液に対し測定した結果を図 6 (C) に示す。本グラフ図より明らかなように、NaCl 濃度が 0.2 mol/l を超えた時点から水溶液からの脱酸素速度が遅くなってきており、塩濃度濃くなるほど顕著になってきていることが分かる。これは、目に見えないような微細な気泡が空気バブリングにより水溶液内に形成され、脱酸素過程に伴い、気泡から水溶液側に酸素の再溶解が起こるため、脱酸素過程が遅くなって観測されたことによる。従って、塩化物イオン濃度 0.2 mol/l 以上の水溶液を利用すれば、微細な気泡形成が出来る。

【0048】図 7 は、バブリングによって直径 10 μm 以下の微細な気泡を形成する装置の概略図を示したものである。排水処理槽 101 内下部に塩化物イオン含有水 203 の貯留部 210 を設け、該貯留部 210 に 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオン含有水 203 を供給し、そこにコンプレッサ 202 からの空気を、貯留部 210 底面に設けたろ過板 201 を介して供給することにより直径 10 μm 以下の気泡が多く含まれる微細気泡群が形成されるものである。

【0049】図 8 は、電気分解によって直径 10 μm 以下の微細気泡群を形成する装置の概略図を示したものである。排水処理槽 101 内下部に塩化物イオン含有水 203 の貯留部 210 を設け、該貯留部 210 に 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオン含有水 203 を供給するとともに、該貯留部 210 に一對の電極 205 を対面配置し、電源 206 から直流または交流電圧を印加することにより電気分解を起こして直径 10 μm 以下の気泡が多く含まれる微細気泡群を形成するものである。

【0050】図 9 は、加圧法によって直径 10 μm 以下の微細な気泡を形成する装置の概略図を示したもので、0.1 モル/リットル以上の塩化物イオンを含有した水 203 を加圧タンク 103 に供給し、コンプレッサ 202 にて空気を加圧溶解させた加圧水を排水処理槽 101 下部に供給することにより、直径 10 μm 以下の気泡が多く含まれる微細気泡群を形成させるものである。

【0051】図 7、図 8、図 9 で排水処理槽 101 内に形成された気泡は、処理水内に溶解している微細な固形

物、微生物、有機化合物、溶質物質等と結合し、上昇していくことにより分離浄化され、オーバフロー部 217 を介して汚泥処理工程に送られる。

【0052】図 10 は、図 9 の装置に脱塩装置を加えた装置の概略図を示す。排水処理装置 101 で処理された水溶液を脱塩装置 207 に導き、脱塩装置 207 にて水溶液内の塩を分離し、塩を除去された水溶液は排水とし、塩が濃縮された水溶液は、塩化物イオンが 0.1 モル/リットル以上含有した水 203 として前記系内で再利用するものである。塩化物イオン含有水 203 は、加圧タンク 103 にてコンプレッサ 202 による空気で加圧され、加圧水として排水処理槽 101 に供給される。塩化物イオンを含んだ加圧水は排水処理槽 101 で圧力が開放されるために、直径 10 μ m 以下の気泡が多く含まれる微細気泡群が形成され、該微細な気泡に吸着する有機物や溶質分子を除去することができる。

【0053】脱塩装置としては逆浸透膜法や電気透析法等により塩濃度を凝集できるものを使用すればよい。又脱塩装置後の浄化水は、放流または浄化水として再利用される。図 10 の脱塩装置を加えた装置には、加圧法による場合を示したが、図 7 のバブリング法、図 8 の電気分解法の場合にも同様に適用できることは当然である。尚、装置外に出る脱塩装置 207 からの排水における塩濃度と、処理槽 101 に入る処理水における塩濃度を同程度のものとし、脱塩装置 207 における 0.1 モル/リットル以上の塩化物イオン含有水 203 の塩化物イオン濃度をコントロールすれば、装置立上げ時を除き、外部から塩を供給することなく塩濃度を系内で高く保持できるため、処理能力を一定に維持することが出来る。

【0054】なお、0.1 モル/リットル以上の塩化物イオン含有水 203 に海水も利用でき、放流に関しても許され得る場所に対しては、脱塩装置 207 を設けずに海水をそのまま利用することも可能である。この場合には、図 7、図 8、図 9 に示す装置構成が直接適用できる。

【0055】次に、水溶液中に溶解している溶質物質の周りには、拘束水と呼ばれる水分子が吸着しており、この拘束水は、自由水と異なり溶質物質により動きが拘束されていることは前記した通りであるが、本発明人らは、有機物化合物の場合には、10 MHz から 1 GHz の高周波を拘束水が吸収することを見出した。

【0056】図 12 に図 10 の加圧法を適用した場合を例に、高周波印加を併用した場合の構成図を示す。本実施例においては、排水処理槽 101 内に対面配置して一対の高周波電極 208 を設置し、高周波電源 209 により、10 MHz から 1 GHz の高周波を排水処理槽 101 内部の溶質物質に照射し、溶質物質まわりの拘束水の構造を破壊して、溶質物質自身の電気双極子を顕にすることで気泡との吸着を加速させ分離効率を加速するものである。

【0057】そしてかかる装置に基づくシミュレーション実験として、有機化合物の一つとして、グルコース水溶液を使用し行なった。測定は同軸プローブを試料溶液に投入し、そこから高周波を印加し、試料溶液の印加した高周波の吸収を測定した。印加周波数は、400 MHz を用い入射パワーとして 1W から 100W まで変化させて実験した。実験結果は図 11 に示すように、グルコースの濃度が高くなるに連れ吸収量が増加していることが分かる。また、入射パワーの増大とともに吸収量が減少したのは、グルコース周囲の拘束水が破壊されたためである。自由水の吸収は約 18 GHz にあるため、数 100 MHz の高周波は多量に存在する自由水にそれほど吸収されることなく、溶質物質の拘束水のみを小さな電力で狙い撃ちできる。

【0058】

【発明の効果】以上記載の如く本発明によれば、後工程における生物的处理手段の負荷低減と、又環境上問題となる凝集剤をほとんど用いずに、分子間力によって拘束水が結合している溶質物質を容易に凝集分離できる水処理方法とその装置を提供することが出来、特に、固形物、微生物、有機化合物のみならず水溶液中に溶解している有機系、燐系、窒素系等の溶質物質も含めて積極的に除去し得る水処理方法とその装置を提供出来る。

【0059】この結果、下水道処理設備、尿尿処理設備、畜産排水処理設備、水産加工排水処理設備、食品加工排水処理設備、洗浄排水処理設備、工場排水処理設備、湖水浄化設備等の排水処理設備のみならず、水溶液からの溶解物質の濃縮精製プロセスにも適用出来る。そして本発明を廃水処理設備に適用した場合は、活性汚泥法等の装置に変わる排水浄化方法を提供出来るのみならず、装置がコンパクトとともに残余活性汚泥の固形廃棄物量も低減され、尿尿処理等では肥料等への再利用化も可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の原理を示す実験装置の概略図である。

【図 2】 図 1 で行った砂糖水溶液の濃縮分離状態を示す概要図である。

【図 3】 図 1 の実験装置に取り付けた超音波センサ出力の周波数スペクトル図である。

【図 4】 本発明の第 1 実施形態に係る超音波による排水処理装置の概要図である。

【図 5】 本発明の第 2 実施形態に係る超音波による排水処理装置の概要図である。

【図 6】 塩濃度差による脱気試験概略図で、図 6 (A)、(B) は実験装置、図 6 (C) はその実験結果を示すグラフ図である。

【図 7】 本発明の第 2 実施形態に係るバブリング法による排水処理装置の概要図である。

【図 8】 本発明の第 2 実施形態に係る電気分解法によ

る排水処理装置の概要図である。

【図 9】 本発明の第 2 実施形態に係る加圧水による排水処理装置の概要図である。

【図 10】 本発明の第 2 実施形態に係る脱塩装置を加えた加圧水による排水処理装置の概要図である。

【図 11】 グルコースと蒸留水に夫々の高周波吸収試験結果を示すグラフ図である。

【図 12】 本発明の第 2 実施形態に係る高周波併用した加圧水による排水処理装置の概要図である。

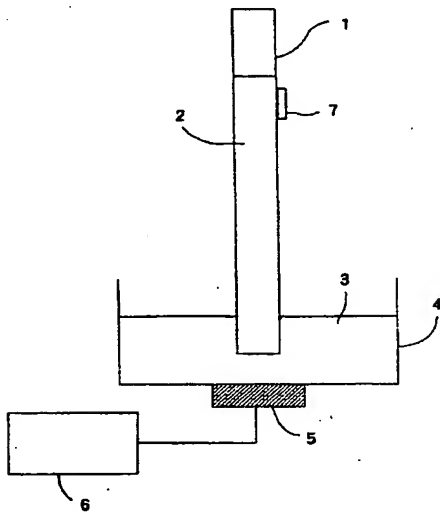
【図 13】 従来技術に係るに係る加圧浮上法による排水処理装置の概要図である。

【符号の説明】

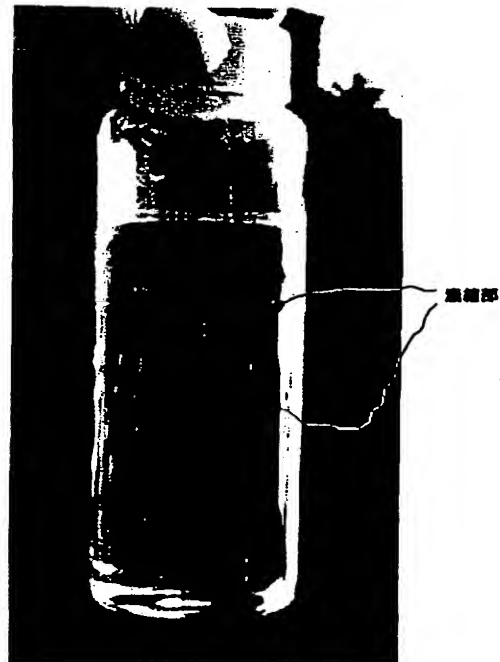
- 1 ガラス管
- 2 実験対象水溶液
- 3 超音波伝達用としての水
- 4 容器
- 5 超音波振動子
- 6 超音波発振電源

- 7 超音波センサ
- 11 排水処理装置
- 12 凝集部抜き取り口
- 21 超音波進行方向
- 22 反射板
- 23 処理塔
- 24 タンク
- 101 排水処理槽
- 102 活性汚泥処理槽
- 103 加圧タンク
- 201 ろ過板
- 202 コンプレッサ
- 203 塩化物イオン含有水
- 205 電気分解用電極
- 206 電源
- 207 脱塩装置
- 208 高周波電極
- 209 高周波電源

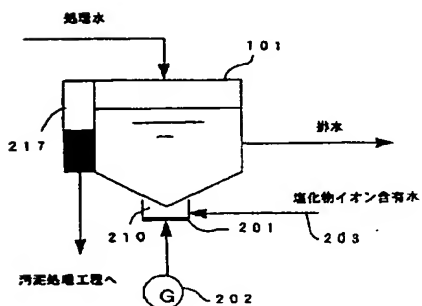
【図 1】



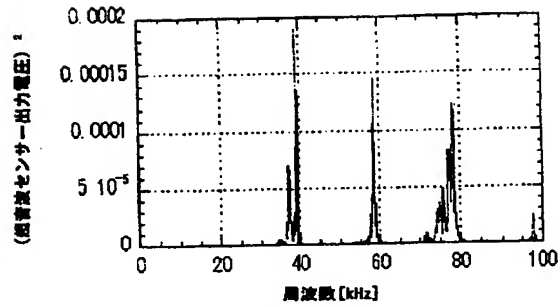
【図 2】



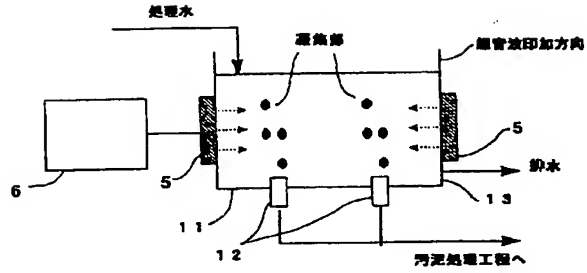
【図 7】



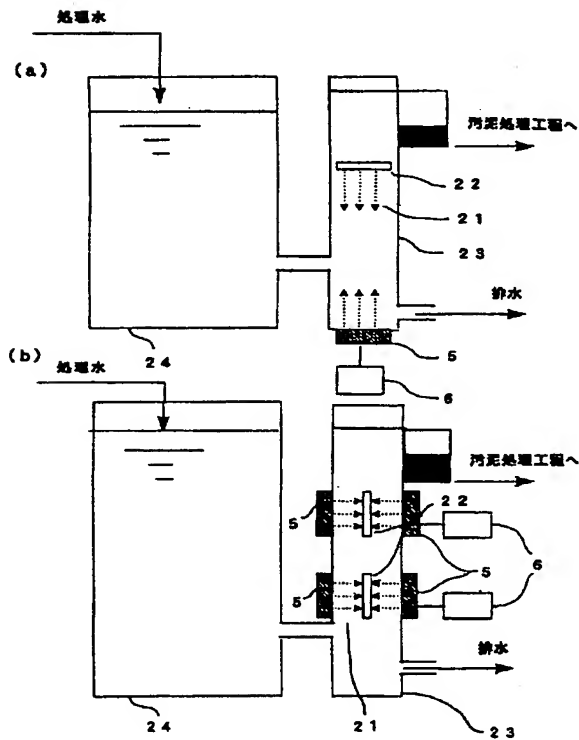
【図3】



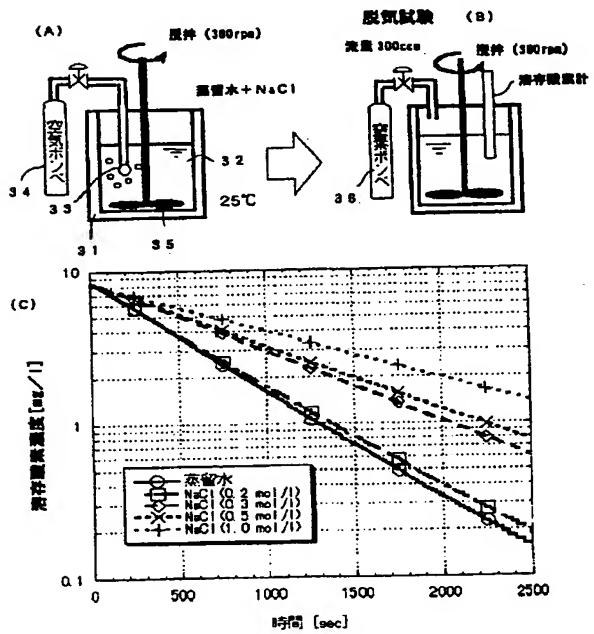
【図4】



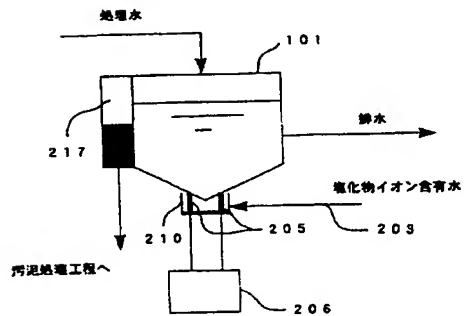
【図5】



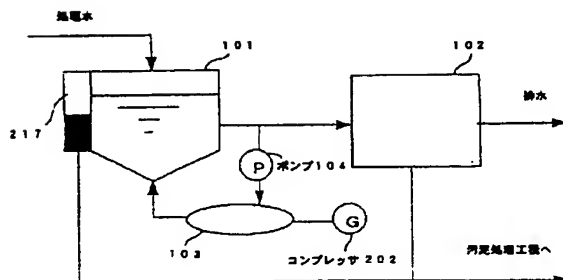
【図6】



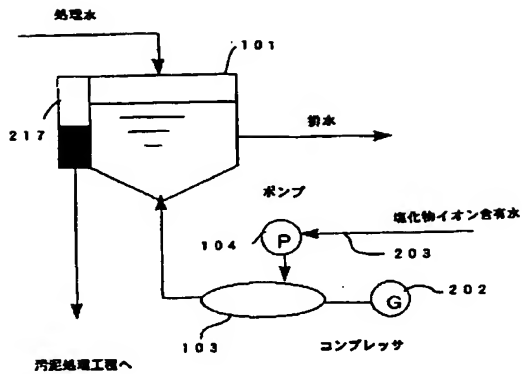
【図8】



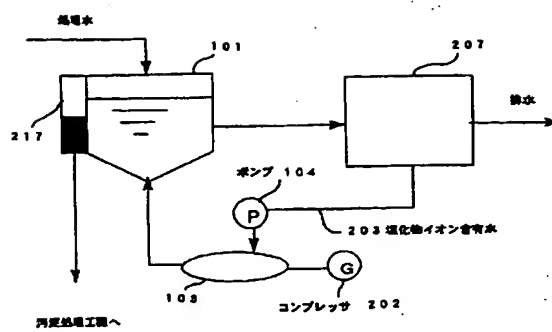
【図13】



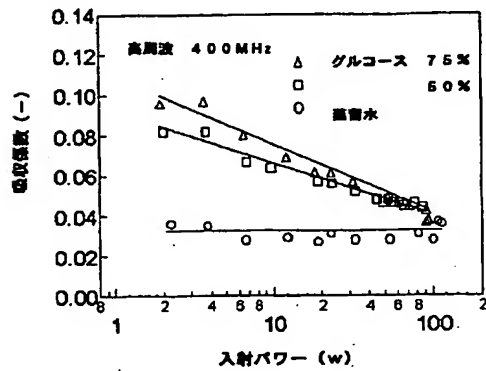
【図9】



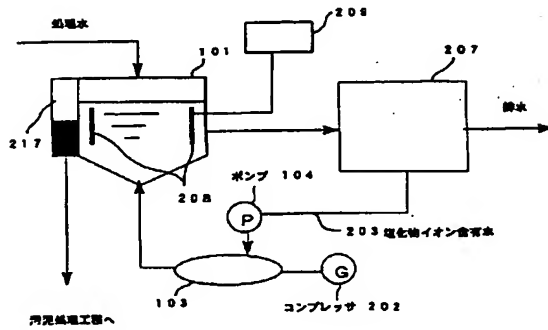
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 龍原 潔
横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重
工業株式会社基盤技術研究所内

(72)発明者 菅田 清
横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重
工業株式会社横浜研究所内

(72)発明者 山下 一郎
横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重
工業株式会社横浜研究所内

Fターム(参考) 4D037 AA05 AA11 AB02 AB03 AB11
AB12 AB15 BA02 BA03 BA26
BB04 BB05 BB09 CA04 CA07
CA08

THIS PAGE BLANK (USPTO)